

機関室ビルジの処理対策

環境・エネルギー研究領域
大阪支所
航海訓練所

*上田浩一、山之内博、羽鳥和夫
山根健次、吉田紘二郎、綾威雄
阪根靖彦、飯島伸雄

1. はじめに

船舶の通常運航時に機関室で発生する油を含むビルジ水は、海洋汚染防止のため油水分離装置を通して油分濃度を 15ppm 以下に処理して船外に排出することが義務づけられている。ビルジ水に潤滑油や洗剤に含まれる界面活性剤が混入した場合、油が乳化し、乳化油は分離され難くなる。このため、新しい油水分離器の型式承認試験には、油水分離の困難な液（水中油型エマルジョン）も使用される。我が国は、ビルジ処理の根本的な問題の解決を図るべく、機関室内のビルジ水の発生量自体を最小限にし、クリーンな水系の配管と廃油系の配管を分別配管し、油水分離装置の負担を軽減し、より効果的に処理することができる統合ビルジ水処理システムの概念を提案¹⁾している。そこで、現在のビルジ水の発生状況及び処理対策について調査し、試作したフィルターにより、実船ビルジと IMO で検討された乳化油相当の試験液でフィルターの試験を行った。試験油は微細化されておりフィルターによる除去はきびしい。

2. ビルジ水の発生状況

2.1 過去のビルジ発生状況の調査 1979 年の調査報告²⁾によると、おおよそ次のようなアンケート結果が得られていた。一般的にディーゼル船の場合は 1 ~ 3 m³/day、タービン船の場合は 1 ~ 5m³/day のビルジ水が発生していた。船尾管がリグナムバイタの場合には、漏水によりおおよそ 2 ~ 5m³/day 増加する。ポンプシール部がグランドパッキンの場合には、メカニカルシールに比しておおよそ 0.5 ~ 1m³/day 増加する。ディーゼル主機エアークーラよりのドレンは、大気湿度により著しく異なり、0.5 ~ 4m³/day 位の変動が見られる。油水分離器の使用は一般的には 1 日のビルジ発生量を 1 ~ 2 時間で処理できるように考えられており、2m³/hour 前後の容量のものを装備する場合が多かった。

1999 年、内航貨物船機関システムの近代化実証試験の報告³⁾では次のような調査結果が得られている。次のような機関室のノードレン化の対策を行っている。主機関燃料弁からの漏油は、回収し使用可能な

ように、燃料油主管の調圧弁の 2 次側に接続し、燃料供給ラインに戻す。主機関のシリンダーカバードレンは動弁注油や排気弁注油からのドレンであり、これを回収して再利用できる循環方式とする。主機関の架構扉のパッキンを O リング方式として漏油対策をする。主機関の動弁衝棒当金部に、O リングを挿入して、動弁衝棒に伝わって流れる油ドレンを防止する。補機関用ゴムホース部の締め付けバンドは強力形を採用する。ポンプ類の軸封装置はメカニカルシール方式とする。空気圧縮機、空気のドレンやスラッジは缶受けとする。補機類で漏油や漏水が生じやすい部分には、製作時に液状パッキンを併用し、継ぎ手や接合部からの漏れを防ぐ。以上の対策結果から、梅雨期露点により外板に水滴が発生し、その凝縮水ドレンが発生するがきれいである。空気槽からのドレンは油分を含んでいるので、ビルジ溜に落とさず、缶受けとした。燃料系ストレーナー開放時のドレンも 20 ㍓缶に受け集積している。凝縮水の処理については検討が必要と考えられるが、結果として油水分離器が 1 年間の実験では使用されていない。

2.2 最近のビルジ水の発生状況 2003 年 1 月に内航のフェリー（1 万 2 千総トン）、2003 年 3 月に練習船（5.9 千総トン）のビルジ水の状況について調査を行った。

内航フェリーでは次のとおりであった。

- ・船尾管及びポンプ系統ではメカニカルシールの性能向上によりビルジ水はほとんど発生していない。
- ・LO 清浄機、FO 清浄機、機関室洗い場ビルジ（ストレーナ等を軽油で洗う）では約 1.8m³/day が発生している。これについては昼時に溜めて静置分離、ドレン切りを行い、ビルジ濃縮装置に午後 9 時に 1.5m³ 程度入れ、それを翌日午前 10 時まで濃縮するが、濃縮し過ぎると濃縮機が汚れるので、油分が多くなるとスラッジタンクに戻し濃縮している。陸揚げ時の廃油中の水分が多いようである。
- ・過給器で発生する凝縮水は 40 ㍓/day 程度で少ない。
- ・今回の調査前には 1 2 月 2 7 日に 4.6m³ 陸揚げし

・ 1月20日16m³程度陸揚げした。2～3週間に1回の割合で廃油の陸揚げを行っている。月に約20m³の廃油水を陸揚げしている。Dデッキ車両甲板で容易にタンクローリーに積める。

F.O.の清浄機（遠心分離器）で油とスラッジを比重差で分離する。F.O.は比重 0.97 程度、軽い油の時もある。その分離を容易にするため、油とスラッジの間に水の層（封水）を作り、スラッジを分離している。清浄機のストレーナー等掃除の負担が大きい。

A 重油ではスラッジは発生しないが、A 重油が使用されるのはドッグ入りとか長期停止時のみ。C 重油で停止すると起動が難しくなる。清浄機は FO 用に一機、LO 用に 3 機、予備に一機。半年に一回業者が整備。表 1 に発生箇所毎のビルジの油分を示す。

発生箇所	油分濃度	発生量
F.O.スラッジ集合タンク	1.90%	水分約1600L/day
L.O.スラッジ集合タンク	油分の多い上層: 14% 油分の少ない下層:	水分約200L/day
陸揚げの廃油	42%(タンクローリーの上層で採取)	約20kl/月

次に練習船 S のビルジ処理やビルジの状況について述べる。練習船 S のビルジ処理の概要を図 1 に示す。表 2 に練習船の廃油の発生状況、表 3 にビルジ水の発生箇所毎の油分濃度を示す。M/E SCAV. AIR DRAIN TANK に M/E のドレンが集められるが、図 2 に示すように潤滑油の検量線と M/E SCAV. AIR DRAIN TANK から採集した油は類似しており、M/E の廃油は主に潤滑油であると考えられる。エンジン部の発生箇所を細かく整理すると次のようである。

Exhaust gas line bilge

主機停止中に、煙突に入った雨水のビルジ。直接船外へ排出する配管がなされている。

Air cooler から発生したドレン（凝縮水）。Air cooler 及び drain catcher は、過給機と Scavenging air receiver の中間にあり、ドレンがシリンダー内に入らないように、主にここで分離している。外航船のこの油分濃度の計測では平均 6ppm 程度の例がある。

Scavenging air receiver drain

Scavenging air receiver のドレンは、Air cooler のドレン（凝縮水）、Scavenging box から飛散してくる燃焼の燃え滓（固形物）及びシリンダ油（廃油）。Scavenging air receiver は、Air cooler を出た掃気の溜まり（空間）で、ここから各シリンダーの Scavenging box に掃気を送られる。

Scavenging box drain

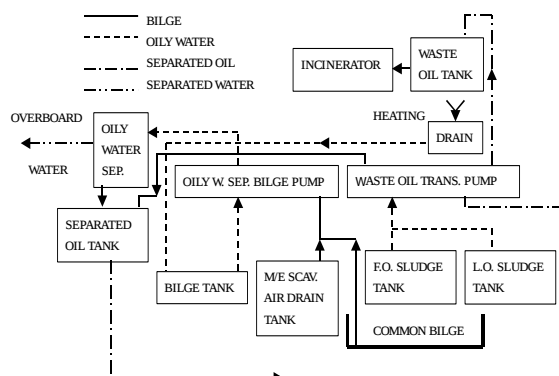


図 1 練習船 S のビルジ処理

発生箇所	発生量 (m3)
総量 (セパレイテッドオイルタンクに集められた総量)	3.4
発生箇所別の内訳	
F.O.スラッジタンク	0.2
L.O.スラッジタンク	0.65
スタフイングボックスドレンタンク	0.16
メインエンジンスカベンジングエアドレンタンク	0.36
他はコンビルジを油水分離器で分離した廃油と見なして	2.03

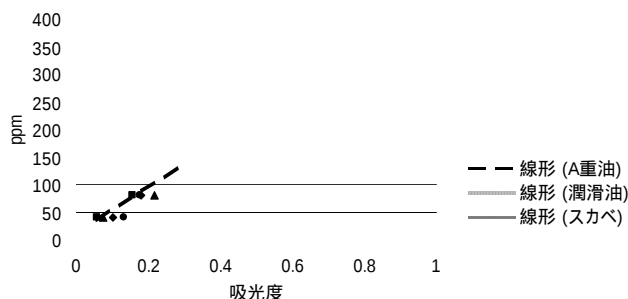


図2 各油種の吸光度

Scavenging box のドレンは、燃焼の燃え滓（固形物）及びシリンダ油（廃油）。Scavenging box とは、各 シリンダーの直ぐ下の部位（空間）である。図 3 に Scavenging box のドレン管を示す。

Stuffing box drain

Stuffing box のドレン は、クランク室のシステム油（廃油）とシリンダ油の（廃油）。Stuffing box とは、クランク室の天井、Scavenging box の床にあり、それを貫通するピストンロッドを包み込む様になっている。その内部のスクレップリングでクランク室のシステム油が Scavenging box へ、また Scavenging box のシリンダ油及び燃料の燃え滓がクランク室へ入り込むのを防いでいる。図 4 に Stuffing box のドレン管を示す。



図3 Scavenging box のドレン管



図4 Stuffing box のドレン管



図5 Scavenging box のドレン (右側:固化している)及び Stuffing box のドレン(左側)

図5の右側にScavenging boxから採集したドレンを左側はStuffing boxのドレンを示す。

外航船についてはIBTS(統合ビルジ処理システム)とnone-IBTSの比較が報告されている⁵⁾。船によりバラツキが大きい、平均的なビルジ水と廃油の発生状況は表4のようになった。IBTSではビルジ水の発生量が1ton/month未満の船もあり、油水分離器の使用回数も月1回程度で、それもメンテナンスのために行っている場合もある。廃油の発生量においてIBTSの方がnone-IBTSより多い場合もあるが、これはIBTSではビルジ水をクリーンな水だけにし、少しでも油分を含む水は廃油系に配管するためと考えられる。

表4 外航船のビルジ水及び廃油の発生状況

			IBTS	none-IBTS
CONTAINER	Bilge Water	m ³ /month	7.7	88
	Waste Oil	m ³ /month	45	79
PCC	Bilge Water	m ³ /month	7.7	25
	Waste Oil	m ³ /month	24	9.7
VLCC	Bilge Water	m ³ /month	23	56
	Waste Oil	m ³ /month	38	50
BULK	Bilge Water	m ³ /month	7.7	13
	Waste Oil	m ³ /month	14	13
Mean	Bilge Water	m ³ /month	12	46
	Waste Oil	m ³ /month	30	38

3. 処理対策

3.1 統合ビルジ処理システム 機関室のビルジ処理システムとして、廃油及び油分を含むものは油用タンクに回収し、燃料として使用するか焼却する。比較的きれいなビルジ水はクリーンビルジ水として別配管をし、それを油水分離器を通して排出する。この場合微粒化した油分のように処理され難い油を含まないため、油水分離器の負担を軽減できる。

3.2 ビルジ濃縮装置 加熱減圧蒸留により水分を蒸発させる。排熱利用ができる。海水を混入させると塩分が析出して性能低下の原因になる。通常は船尾管や海水ポンプにメカニカルシールが使用されるようになり、海水がビルジ水に混入することはなくなってきている。ドッグ時に海水系冷却水ラインをビルジに落とした場合、ドッグでビルジ水を処理しない場合には船側で処理する必要があり、このときは海水は濃縮に適さないため、油水分離器が必要となる。

3.3 ビルジ水後処理装置

油水分離器と排水口の間に後処理装置を設置することは規則に反する。しかし今後乳化油に対して、排水中の油分濃度を15ppm以下に維持するためには対策が必要である。現在、後処理装置として製作されている例では2m³/hour用で重量が189kg、水を満たすと608kgとなりかなりの重量がある。

3.4 バイオ処理に関する調査⁴⁾ この装置は時間当たりの処理量が小さいこと及び高濃度の油分には対処できないため、前処理装置と連続的に少量ずつ処理するシステムにする必要がある。この装置は現在の型式承認は得ていないが、前処理装置として現在内航の油タンカーに3隻搭載している。バイオ処理は微細油粒や海水に対して有効であるが、界面活性剤の影響の確認が必要と思われる。バクテリ

アを維持するためのメンテナンスは必要である。

3.5 学薬品による処理 化学薬品による処理開発も行われているが、これも薬品の注入や処理のメンテナンスを要する。

4. 実船のビルジ水と試験液の検討

4.1 静置分離 IMO で検討された試験液相当の液（水道水 95%, C 重油 2.5%, 軽油 2.5%, ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム 0.05%, 鉄粉（45 μm 以下）を 0.01% 入れ、家庭用ミキサーで 1 分間攪拌して試験液を作成した。静置試験 分液ロートに 1 リットルとり、約 1 ヶ月間静置した後の下層の油分濃度を測定した結果、油分濃度は 380 ~ 420 ppm であった。この濃度の油分は微粒化され、重力分離が難しい。

実船ビルジは船種により異なるため、種々のビルジ水について検討する必要があるが、練習船より採集してきたビルジ水を分液ロートに採集し、1 週間後の下層の油分を測定した結果、当初約 64 ppm の油分が 12 ~ 32 ppm になった。

検討されている試験液は界面活性剤により油粒が微粒化された油分が多く、ストークス則による重力分離できない微細な油粒がかなり多いと考えられる。

4.2 フィルターによる試験 4.1 の試験液と同じ試験液でフィルター試験を行った結果を図 6 に示す。試験液は微粒化されており分離が難しい。同様のフィルターを用いて実船上で調査した結果を図 7 に示す。条件を同じにすることができなかったが、実船ビルジ水ではかなり油分を補足できたが、試験液は界面活性剤により油が微粒化されており、フィルターによる補足は容易ではない。

5. まとめ

現在はメカニカルシールの普及によりビルジ水の船尾管やポンプからの漏れによるビルジ水の発生はほとんどなくなっている。しかし潤滑油や燃料油清浄機から定常的に廃油水が発生している。漏油や漏水を発生しないようにし、結露によるような比較的クリーンなビルジ水はクリーンビルジ水として廃油系と別配管としビルジ水の発生量を少なくする。F.O や L.O. の清浄機の性能向上により、含油廃水の発生量を少なくする。含油水を濃縮する場合、濃縮率の向上を図り、燃焼し易いようにする必要がある。次の が対策として考えられる。

新基準の高性能油水分離器を設置する。

clean 系 に乳化油が混じらないようにし、現在の

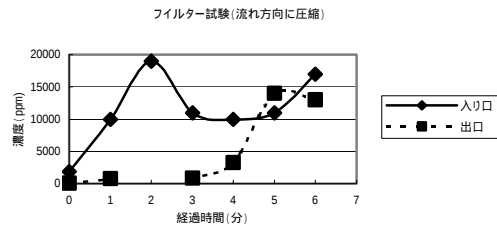


図 6 試験液相当液でのフィルター試験(流路長さ:9cm, 透過流速 $0.47\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$ 、圧力ドロップ: 0.03mPa 以下)

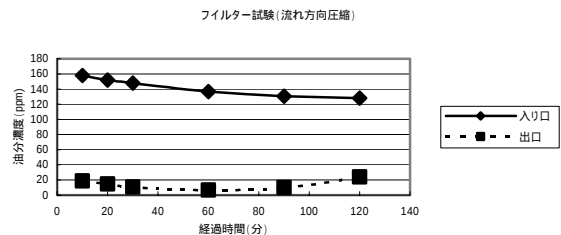


図 7 実船上でのフィルターによる試験(透過流速: $0.13 \sim 0.18\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$ 、圧力ドロップは殆どなし)

油水分離器かまたは小型の改良型の油水分離器で対処する。IBTS が IMO で認められることが必要。完全に濃縮焼却ができる場合には使用されない油水分離器が規則のために設置されている。造船所で配管系を分解する場合には、工事中に海水冷却管から発生するビルジ水は塩分を含むため濃縮すると塩分が析出する。このビルジ水は造船所で処理するか油水分離器が必要となる。

謝辞：ビルジ水の実状調査に関しては株式会社マリンエキスプレスのご協力をいただいた。主機部の凝縮水及び廃油の発生箇所に関し航海訓練所久保寛氏からご指導いただいた。感謝いたします。

参考資料

- 1) Japan, REVISION OF RESOLUTION MEPC.60(33) AND A.586(14), Concepts of whole bilge water treatment systems, IMO, DE45/5/4, 25 January 2002
- 2) 日本舶用機関学会機関研究委員会機関第三研究部会、機関部油水分離装置について、舶機誌、第 14 巻第 7 号、92 ~ 97 頁
- 3) 石田憲治、田淵義章、佐藤勇、米倉信義、内航貨物船機関室システムの近代化実証試験、舶機誌、第 34 巻第 6 号(1996-6)、401 ~ 413 頁
- 4) 中村宏、財津融、延山暢一、平田俊雄、舶用機関室排出ビルジのバイオ処理システム、舶機誌、第 30 巻第 1 号 (1995-11)、821 ~ 826 頁
- 5) MEPC51/INF, January 2004